

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
16. Januar 2014 (16.01.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/009092 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F01K 7/24 (2006.01) **F01K 23/10** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/062202
- (22) Internationales Anmeldedatum:
13. Juni 2013 (13.06.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
12176050.8 12. Juli 2012 (12.07.2012) EP
- (71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder: **BENNAUER, Martin**; Steinmannswiese 76,
46242 Bottrop (DE). **GOBRECHT, Edwin**;
Rossbruchring 50, 40885 Ratingen (DE). **HEUE,**
Matthias; Willi-Geldmacher-Str. 140, 44879 Bochum
(DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

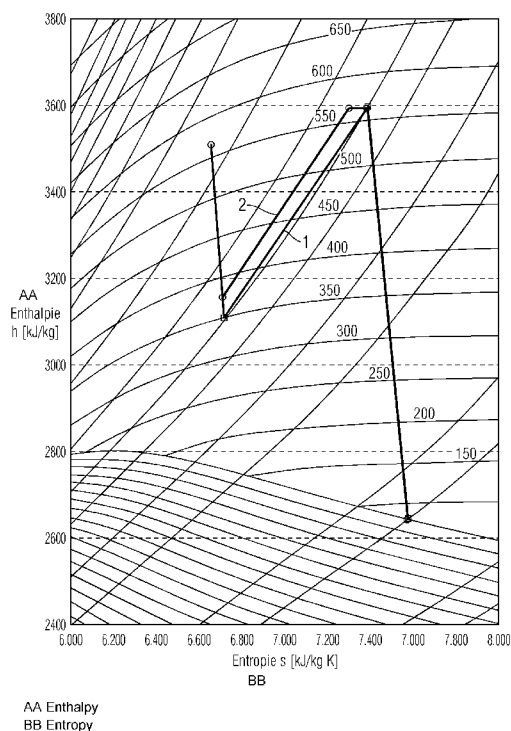
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR SUPPORTING A MAINS FREQUENCY

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR STÜTZUNG EINER NETZFREQUENZ



(57) Abstract: The invention relates to a method for supporting a mains frequency in an energy generation plant. Said energy generation plant is operated using unthrottled high-pressure valves, and the throttling action of the medium-pressure valves is canceled when the mains frequency drops.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stützung einer Netzfrequenz einer Energieerzeugungsanlage, wobei die Energieerzeugungsanlage mit ungedrosselten Hochdruck-Ventilen betrieben wird und bei abfallender Netzfrequenz die Drosselung der Mitteldruck-Ventile aufgehoben wird.

WO 2014/009092 A1

Beschreibung

Verfahren zur Stützung einer Netzfrequenz

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stützung einer Netzfrequenz einer Energieerzeugungsanlage umfassend eine Dampfturbine, wobei die Dampfturbine eine Hochdruck-Teilturbine und eine Mitteldruck-Teilturbine umfasst, wobei vor der Mitteldruck-Teilturbine ein Mitteldruck-Ventil angeordnet wird.

Gas- und Dampfturbinenkraftwerke als Ausführungsform einer Energieerzeugungsanlage umfassen in der Regel eine Gasturbine, eine Dampfturbine und einen Generator, der drehmomentgekoppelt mit der Gasturbine und Dampfturbine verbunden ist. Im Bereich der kommunalen Energieversorgung werden bei solchen Gas- und Dampfturbinenkraftwerken die Gasturbinen vorwiegend zur Unterstützung der Netzfrequenz herangezogen. Dies wird derart realisiert, dass bei steigender Netzfrequenz die Leistung der Gasturbine reduziert und bei fallender Netzfrequenz die Leistung der Gasturbine gesteigert wird. Im Wesentlichen folgt die Leistung der Dampfturbine der Leistung der Gasturbine mit einer gewissen Verzögerung, die mit der Trägheit des Dampferzeugers zusammenhängt. Dadurch beteiligt sich die Dampfturbine nicht aktiv an der Frequenzstützung.

Dampfkraftwerke umfassen in der Regel einen Dampferzeuger, eine Dampfturbine und einen elektrischen Generator. In solchen Dampfkraftwerken wird zur Frequenzstützung die Dampfturbine mit angedrosselten Frischdampfventilen und reduzierter Kesselleistung betrieben. Falls die Netzfrequenz sinkt wird die Drosselung aufgehoben und die Kesselleistung gesteigert. Durch das Öffnen der Frischdampfventile sinkt allerdings der Druck im Frischdampfsystem ab, wobei durch den absinkenden Druck kurzzeitig mehr Wasser verdampft wird als im stationären Betrieb bei dieser Kesselleistung. Dadurch steigt der Frischdampfmassenstrom an. Mit dem Frischdampfmassenstrom steigt auch die Turbinenleistung kurzzeitig an. Neben dem

Öffnen des Frischdampfventils wird gleichzeitig die Kesselleistung gesteigert. Allerdings ist diese Änderung träge. Das bedeutet, dass es effektiv eine schnelle Leistungssteigerung durch Aufhebung der Drosselung gibt, die aber auch schnell
5 wieder nachlässt.

Eine weitere mögliche Maßnahme zur kurzfristigen Leistungssteigerung ist es, bei reinen Dampfkraftwerken die Vorwärmstrecke ganz oder teilweise wegzuschalten. Dadurch wird der
10 Massenstrom durch die Dampfturbine erhöht, was zu einer Erhöhung der elektrischen Leistung und einer Kompensation einer Leistungsreduktion führt, bedingt durch die langsame, aber dauerhafte Leistungssteigerung aus der Erhöhung der Kesselleistung. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mit der Kom-
15 bination all dieser Effekte eine schnelle und anhaltende Leistungssteigerung realisiert werden kann, die in der Regel die vertraglichen Netzanforderungen erfüllen.

Durch Einspeisung der erneuerbaren Energien, wie beispielsweise Solarenergie oder Windenergie, führt dies zu höheren
20 Fluktuationen im Netz. Dadurch gibt es auch zunehmend Forderungen, die Dampfturbine auch im Gas- und Dampfturbinenkraftwerk an der Frequenzstützung zu beteiligen. Es ist üblicherweise nicht gewünscht, dass in einem Gas- und Dampfturbinenkraftwerk die Gasturbine mit reduzierter Leistung betrieben
25 wird. Obwohl die Steigerung der Gasturbinenleistung wesentlich schneller erfolgen kann als die Kesselleistung beim reinen Dampfkraftwerk, ist eine Beteiligung der Dampfturbine an der weiteren Leistungssteigerung wünschenswert. Darüber hin-
30 aus gilt es zu betrachten, dass eine Vorwärmstrecke, ähnlich der bei einem Dampfkraftwerk vorhandenen, in einem Gas- und Dampfturbinenprozess nicht vorhanden ist.

Derzeit werden diese Anforderungen dadurch gelöst, dass bei
35 Gas- und Dampfturbinenkraftwerken die Frischdampfventile vor der Hochdruck-Teilturbine angedrosselt werden. Allerdings sollten die Gasturbinen in Gas- und Dampfturbinenkraftwerken nicht dauerhaft mit reduzierter Leistung betrieben werden.

Daher werden die Gasturbinen bei Volllast und die Dampfturbinen mit abgedrosselten Ventilen betrieben. Wird nun im Falle einer Leistungserhöhung die Drosselung aufgehoben, steigt die Leistung kurzfristig durch Ausspeichern an, allerdings bleibt
5 dauerhaft nur der Leistungsgewinn der den Drosselverlusten entspricht. Eine weitere Beteiligung der Dampfturbine über diesen kurzzeitigen Effekt hinaus wurde bisher noch nicht berücksichtigt.

- 10 An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, ein verbessertes Verfahren beim Betrieb einer Energieerzeugungsanlage anzubieten.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Verfahren zur Stützung
15 einer Netzfrequenz einer Energieerzeugungsanlage umfassend eine Dampfturbine, wobei die Dampfturbine eine Hochdruck-Teilturbine und eine Mitteldruck-Teilturbine umfasst, wobei vor der Mitteldruck-Teilturbine ein Mitteldruck-Ventil angeordnet wird, wobei die Energieerzeugungsanlage mit ungedrosselten Hochdruck-Ventilen betrieben wird.
20

Die Erfindung geht daher von dem Gedanken aus, statt die Hochdruck-Ventile anzudrosseln die Mitteldruck-Ventile zu drosseln. Dies hat im Wesentlichen zwei Effekte. Zum einen
25 wird die Leistungsabgabe der Hochdruck-Teilturbine dadurch kleiner, da die Expansion durch den steigenden Druck in der kalten Zwischenüberhitzung kleiner wird. Des Weiteren ist die Leistungsabgabe der Mitteldruck-Teilturbine kleiner, da Drosselverluste auf der Mitteldruckseite hinzukommen.

30

Der gewünschte Effekt ist, dass beispielsweise in einer Gas- und Dampfturbinenanlage die Gasturbine bei voller Leistung betrieben werden kann, wobei die Dampfturbine mit angedrosselten Mitteldruck-Ventilen und erhöhtem Zwischenüberhitzerdruck betrieben wird. Bei abfallender Netzfrequenz kann die
35 Drosselung der Mitteldruck-Ventile aufgehoben werden, wenn die Netzfrequenz abfällt, wodurch dauerhaft mehr Leistung zur Verfügung steht.

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Weiterbildungen aufgeführt.

5 Ein erfindungsgemäßer Effekt ist, dass die Dampfturbine nun verstärkt an der Leistungssteigerung beteiligt und damit ins Netz schneller eine größere Leistung eingespeist werden kann. Die Folge ist, dass die Forderungen der Lastverteiler erfüllt werden können. Ein weiterer Effekt ist, dass der Gesamtwir-
10 kungsgrad steigt.

Im Wesentlichen kann das gleiche Verfahren auch für ein Lastabsenken angewandt werden, was aus Frequenzstützungssicht ebenfalls gefordert wird.

15 Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Es zeigt
20 die Figur ein HS-Diagramm.

Im Wesentlichen umfasst ein Gas- und Dampfturbinenkraftwerk
25 eine Dampfturbine und eine Gasturbine, wobei in der Regel zwischen der Gas- und Dampfturbine ein elektrischer Generator drehmomentübertragend gekoppelt ist. Die Erfindung ist auch anwendbar auf Gas- und Dampfturbinenanlagen, die mehrere Wellen aufweisen. Ebenso ist die Erfindung auch anwendbar auf
30 reine Dampfkraftwerke. Der aus einer Gasturbine ausströmende heiße Gasstrom wird dazu verwendet, in einem Dampferzeuger Dampf für die Dampfturbine zu erzeugen. Die Dampfturbine wird in der Regel in eine Hochdruck-, Mitteldruck- und Niederdruck-Teilturbine eingeteilt. Der Frischdampf strömt zunächst
35 in die Hochdruck-Teilturbine. Nach der Hochdruck-Teilturbine strömt der Dampf durch einen Zwischenüberhitzer, wo der Dampf auf eine höhere Temperatur gebracht wird und anschließend in die Mitteldruck-Teilturbine strömt. Nach der Mitteldruck-

Teilturbine strömt der Dampf in eine Niederdruck-Teilturbine, wobei nach der Niederdruck-Teilturbine der Dampf wieder zu Wasser in einem Kondensator umgewandelt wird.

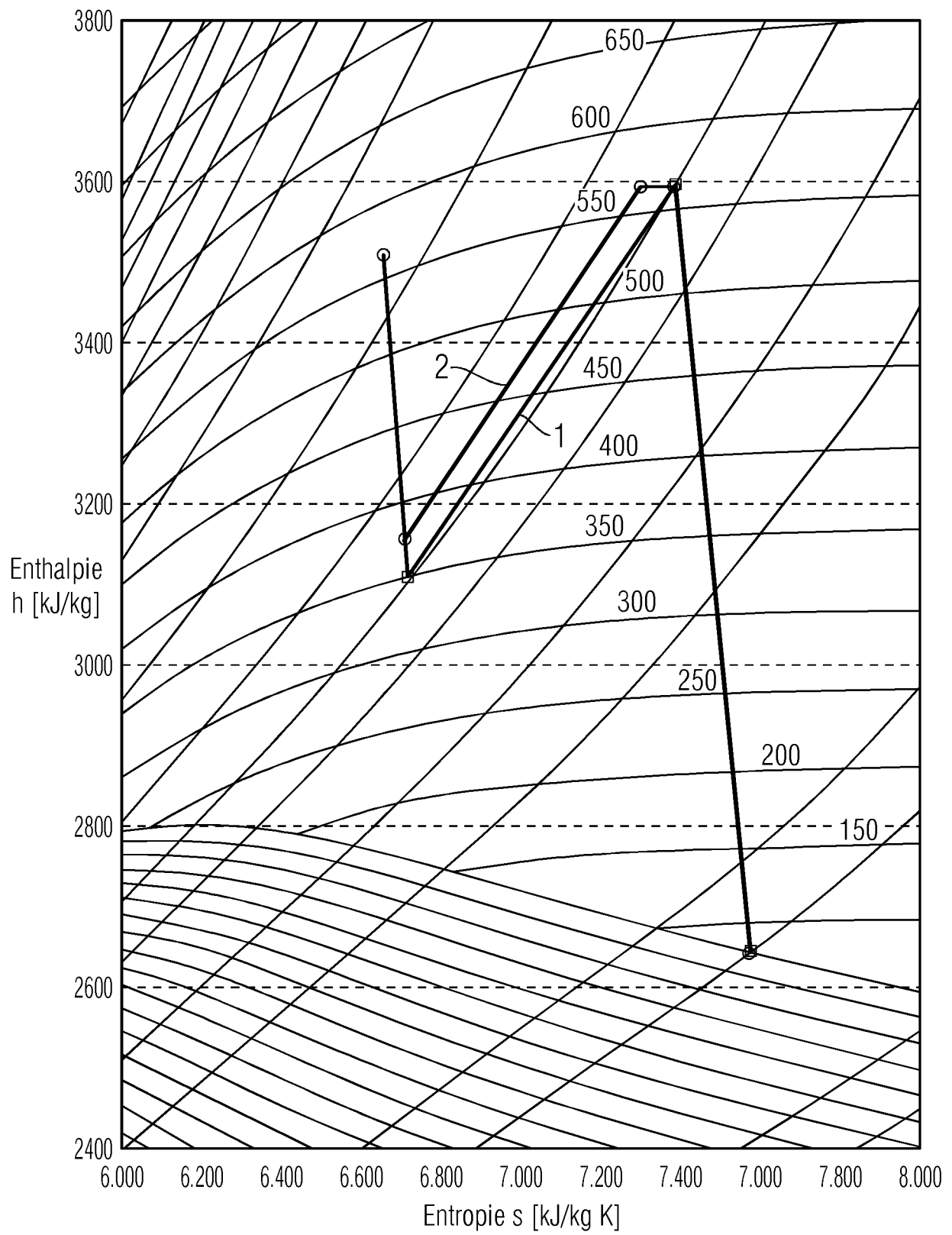
- 5 Vor der Hochdruck-Teilturbine wird in der Frischdampfleitung ein Frischdampfventil angeordnet, das den Durchfluss durch die Frischdampfleitung regelt. Vor der Mitteldruck-Teilturbine wird ein Mitteldruck-Ventil angeordnet, das ebenfalls derart ausgebildet ist, dass dieses den Durchfluss durch eine
10 Mitteldruck-Zuströmung zur Mitteldruck-Teilturbine regeln kann.

- Die Gas- und Dampfturbinenanlage wird so mit angedrosselten Mitteldruck-Ventilen betrieben, wobei bei abfallender Netz-
15 frequenz die Drosselung der Mitteldruck-Ventile aufgehoben wird. Dies unterstützt ein Verfahren zur Unterstützung einer Netzfrequenz einer Gas- und Dampfturbinenanlage, wobei die Gas- und Dampfturbinenanlage mit ungedrosselten Hochdruck-Ventilen betrieben wird. Im Wesentlichen wird die Gasturbine
20 bei voller Leistung betrieben. Wird bei abfallender Netzfrequenz mehr Leistung benötigt, kann die Drosselung der Mitteldruck-Ventile aufgehoben werden und es steht dauerhaft mehr Leistung zur Verfügung.

- 25 Die Figur zeigt das entsprechende Enthalpie-Entropie-Diagramm der erfindungsgemäßen Gas- und Dampfturbinenanlage. Die Linie 1 zeigt eine Gas- und Dampfturbinenanlage gemäß dem Stand der Technik. Die Linie 2 zeigt einen geänderten Verlauf des HS-Diagramms der erfindungsgemäßen Gas- und Dampfturbinenanlage,
30 wobei hier der Verlauf mit angedrosselten Mitteldruck-Ventilen dargestellt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Stützung einer Netzfrequenz einer Energie-
5 erzeugungsanlage umfassend eine Dampfturbine,
wobei die Dampfturbine eine Hochdruck-Teilturbine und eine
Mitteldruck-Teilturbine umfasst,
wobei vor der Mitteldruck-Teilturbine ein Mitteldruck-Ven-
10 til angeordnet wird,
wobei die Energieerzeugungsanlage mit ungedrosselten Hoch-
druck-Ventilen betrieben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
15 wobei die Energieerzeugungsanlage mit angedrosselten Mit-
teldruck-Ventilen betrieben wird und bei abfallender Netz-
frequenz die Drosselung der Mitteldruck-Ventile aufgehoben
wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
wobei die Energieerzeugungsanlage als Gas- und Dampfturbi-
nenanlage ausgebildet ist.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 3,
wobei die Gasturbine im Wesentlichen bei voller Leistung
betrieben wird.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
wobei die Energieerzeugungsanlage als Dampfkraftwerk ausge-
bildet ist.
- 35 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Mitteldruck-Teilturbine an eine Zwischenüberhit-
zereinheit strömungstechnisch angekoppelt ist.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/062202

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01K7/24 F01K23/10
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2 098 691 A1 (ANSALDO ENERGIA SPA [IT]) 9 September 2009 (2009-09-09) paragraph [0024] - paragraph [0026]; claim 1; figure 1	1
A	DE 10 2009 026324 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 18 February 2010 (2010-02-18) paragraphs [0003], [0004]; figure 1	1
A	DE 10 2008 037579 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 28 May 2009 (2009-05-28) claim 1; figure 1	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 August 2013

Date of mailing of the international search report

13/08/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Coquau, Stéphane

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/062202

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2098691 A1	09-09-2009	EP 2098691 A1	09-09-2009
		RU 2010140791 A	20-04-2012
		WO 2009109659 A2	11-09-2009

DE 102009026324 A1	18-02-2010	DE 102009026324 A1	18-02-2010
		FR 2935018 A1	19-02-2010
		JP 2010043644 A	25-02-2010
		RU 2009131090 A	20-02-2011
		US 2010038917 A1	18-02-2010

DE 102008037579 A1	28-05-2009	DE 102008037579 A1	28-05-2009
		FR 2924157 A1	29-05-2009
		JP 2009127627 A	11-06-2009
		RU 2008146607 A	27-05-2010
		US 2009136337 A1	28-05-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F01K7/24 F01K23/10
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F01K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 2 098 691 A1 (ANSALDO ENERGIA SPA [IT]) 9. September 2009 (2009-09-09) Absatz [0024] - Absatz [0026]; Anspruch 1; Abbildung 1	1
A	DE 10 2009 026324 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 18. Februar 2010 (2010-02-18) Absätze [0003], [0004]; Abbildung 1	1
A	DE 10 2008 037579 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 28. Mai 2009 (2009-05-28) Anspruch 1; Abbildung 1	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

5. August 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/08/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Coquau, Stéphane

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/062202

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2098691 A1	09-09-2009	EP 2098691 A1	09-09-2009
		RU 2010140791 A	20-04-2012
		WO 2009109659 A2	11-09-2009

DE 102009026324 A1	18-02-2010	DE 102009026324 A1	18-02-2010
		FR 2935018 A1	19-02-2010
		JP 2010043644 A	25-02-2010
		RU 2009131090 A	20-02-2011
		US 2010038917 A1	18-02-2010

DE 102008037579 A1	28-05-2009	DE 102008037579 A1	28-05-2009
		FR 2924157 A1	29-05-2009
		JP 2009127627 A	11-06-2009
		RU 2008146607 A	27-05-2010
		US 2009136337 A1	28-05-2009
